

## **MICRO-ACTUATOR AND MANUFACTURE THEREOF**

**Patent number:** JP6151998  
**Publication date:** 1994-05-31  
**Inventor:** YAGI TAKAYUKI; others: 03  
**Applicant:** CANON INC  
**Classification:**  
**- international:** H01L41/24  
**- european:**  
**Application number:** JP19920301254 19921111  
**Priority number(s):**

### **Abstract of JP6151998**

**PURPOSE:** To make it possible to manufacture a compact actuator having a three-dimensional structure using the driving based on piezoelectric effect by filling piezoelectric material into the structure formed on a substrate by plating.

**CONSTITUTION:** An electrode 11 for plating is formed on a substrate 10. A photosensitive material layer 12 is formed. Light is applied through a photomask to an intended part to be sensitized. Either of the photosensitive part or the non-photosensitive part is developed and removed in correspondence with the photosensitive material. Thus, patterns 13 and 13' are formed. Thereafter, metal is deposited on the patterns 13 and 13' by electrolytic deposition on the electrode for plating. After the development, the remaining photosensitive material is removed, and a substrate is formed. Finally, a piezoelectric material 16 is filled in an intended filling part 15 between the metal patterns. Thus, the displacement in the parallel direction with the plane of the substrate 10 can be made large by utilizing the piezoelectric effect.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-151998

(43) 公開日 平成6年(1994)5月31日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 41/24		9274-4M	H 0 1 L 41/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数11(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平4-301254

(22) 出願日 平成4年(1992)11月11日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72) 発明者 村上 智子

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72) 発明者 伏見 正弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 若林 忠

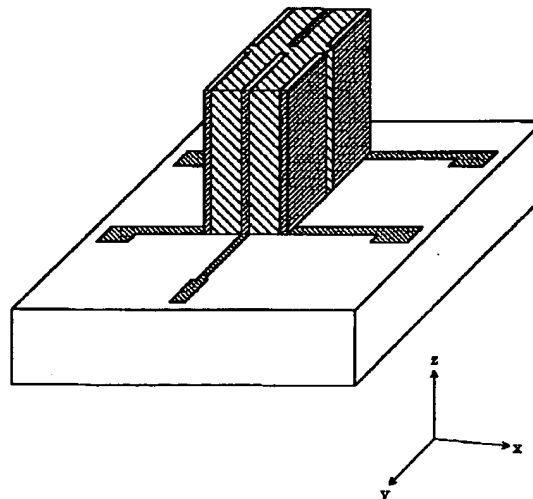
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロアクチュエータおよびその作製方法

(57) 【要約】

【構成】 基板上にメッキ用電極を設ける工程、同基板上に感光性材料を設ける工程、感光性材料を高エネルギー放射光により部分的に感光した後感光部と非感光部のエッチング速度差を用い所望部を現像除去する工程、除去した部分に金属合金をメッキし充填する工程、除去した部分以外をエッチング除去する工程、除去した部分に圧電材料を充填する工程からなるマイクロアクチュエータの作製方法。

【効果】 メッキにより形成した構造体中に圧電材料を充填することにより、圧電効果による駆動力を用いた3次元構造を有する小型のアクチュエータを作製することが可能となり、さらにアクチュエータを複数配置することにより駆動力を増大できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成するマイクロアクチュエータの作製方法において、

- a) 基板上にメッキ用電極を設ける工程と、
- b) メッキ用電極を備えた基板上に感光性材料を設ける工程と、
- c) 該感光性材料を高エネルギー放射光により部分的に感光した後感光部と非感光部のエッチング速度差を用い所望部を現像除去する工程と、
- d) 該現像除去した部分に金属合金をメッキし充填する工程と、
- e) 該現像除去した部分以外の所望の一部をエッチング除去する工程と、
- f) 該エッチング除去した部分に選択的に圧電材料を充填する工程、を用いることを特徴とするマイクロアクチュエータの作製方法。

【請求項2】 基板上に形成するマイクロアクチュエータの作製方法において、

- a) 基板上にメッキ用電極を設ける工程と、
- b) 基板上に犠牲層を設ける工程と、
- c) メッキ用電極を備えた基板上に感光性材料を設ける工程と、
- d) 該感光性材料を高エネルギー放射光により部分的に感光した後感光部と非感光部のエッチング速度差を用い所望部を現像除去する工程と、
- e) 該現像除去した部分に金属合金をメッキし充填する工程と、
- f) 該現像除去した部分以外の所望の一部をエッチング除去する工程と、
- g) 該エッチング除去した部分に選択的に圧電材料を充填する工程と、
- h) 該犠牲層を除去する工程を用いることを特徴とするマイクロアクチュエータの作製方法。

【請求項3】 高エネルギー放射線として波長400nm以下の波長光を使用することを特徴とする請求項1または2に記載のマイクロアクチュエータの作製方法。

【請求項4】 高エネルギー放射線としてX線を使用することを特徴とする請求項3に記載のマイクロアクチュエータの作製方法。

【請求項5】 高エネルギー放射線としてシンクロトロン放射光を使用することを特徴とする請求項3に記載のマイクロアクチュエータの作製方法。

【請求項6】 前記メッキし充填する工程の後に電気的絶縁体を形成する工程を付加したことを特徴とする請求項1または2に記載のマイクロアクチュエータの作製方法。

【請求項7】 前記メッキし充填した部分が基板上に複数平行配置し、該メッキし充填した部分間に圧電材料を充填したことを特徴とする請求項1または2に記載の作製方法により作製したマイクロアクチュエータ。

【請求項8】 前記メッキし充填した部分の表面に電気的絶縁体を形成することを特徴とする請求項7に記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項9】 前記圧電材料が圧電ポリマーからなることを特徴とする請求項7に記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項10】 前記圧電ポリマーの材料がフッ化ビニリデンと三フッ化エチレンの共重合体からなることを特徴とする請求項9に記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項11】 前記圧電材料がポリマーまたはゴムに強誘電体微粒子を分散したものからなることを特徴とする請求項7に記載のマイクロアクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はアクチュエータ、特に圧電材料を用いた小型のアクチュエータおよびその作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、微小な物体を任意の場所や方向に移動させるアクチュエータが、自動化技術や、精密測定技術の進展に伴い、重要となっている。また、これらの進展に伴い、アクチュエータの小型化への要求も強い。

【0003】 高精度に移動または位置決めを行う駆動機構としては、scanning tunneling microscope (STM) に用いられる圧電効果を有する材料からなるピエゾアクチュエータがある。STMは試料となる誘電体表面と先端を極めて鋭利に尖らせた探針との間のトンネル電流を測定するものであり、この為に駆動機構としては、探針を誘電体表面へ数十オングストローム以下に近接することが必要であり、探針の移動または位置決め精度としてオングストロームオーダーの駆動精度が要求される。従来から用いられているバルク型のピエゾアクチュエータとしては、3脚型 (G. Binnig et al., IBM Technical Disclosure Bulletin, vol. 27, no. 10B, 1985, p5976-5977) およびチューブ型 (G. Binnig et al., "Single-tube three-dimensional scanner for scanning tunneling microscopy", Rev. Sci. Instrum., 57(8), 1986, p1688-1689) がある。構成要素となる圧電材料は、一般的には原材料の調合から始まり混合粉碎、仮焼、粉碎、バインダ混合、成形、焼成、加工、電極焼き付け、分極処理により形成される (塩崎 忠 監修、"圧電材料の製造と応用" 発行 シーエムシー、1985, p19-21)。バルク型のピエゾアクチュエータは研磨、切断等の加工により作製する為に、小型化には加工方法および加工精度の制約がある。

【0004】 アクチュエータの小型化の要求を満たす技術として、シリコンプロセスを用いたマイクロメカニクス技術が注目され、この技術を用いて様々なマイクロアクチュエータの提案がなされている。現在、提案されている主なアクチュエータとしては、圧電体薄膜の圧電効

果、静電引力等の駆動力を利用するものがある。なかでも圧電効果を利用するマイクロアクチュエータは静電引力に要するクリアランスを必要とせず、自立して所望の変形を得ることが可能である。一例として、薄膜形成したZnOを用いたピエゾバイモルフ(S. Akamine et al., "Microfabricated Scanning Tunneling Microscope" IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, VOL. 10, NO. 11, p490-492(1989)がある。

【0005】しかしながら、シリコンプロセスを主体とするマイクロファブリケーションでは、基板の2次元平面上への加工となり設計自由度を制約される。これは、圧電体等のアクチュエータ材料を薄膜形成する為に数ミクロンから数十ミクロン程の厚い層を形成することが困難なことに起因する。

【0006】加工の設計自由度を向上させる加工方法として、Kernforschungszentrum KarlsruheのW. Ehrfeld等によりシンクロトロン放射光を用いたLIGA技術(Lithographie, Galvanoformung, Abformung)が提案されている(IEEE Solid-State Sensor and Actuator Workshop, Hilton Head, SC, 1988, Technical Digest ppl-4)。さらに、LIGA技術に犠牲層を設けて、より自由な3次元構造体の製造が可能な技術も提案されている(H. Guckel et al., "Fabrication and testing of the planar magnetic micromotor", J. Micromech. Microeng., 1. 1991. p135-138)。LIGA技術を用いたアクチュエータとして提案されたものは、静電引力および磁力等のエネルギー場を必要とし、クリアランスを要する駆動手段によるものであり、圧電効果を用いた様な独立した動作を可能とすることはできない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】以上のような従来例の問題点に鑑み、本発明の目的とするところは、

- ①3次元構造体を有するアクチュエータ、
- ②圧電効果を利用した高精度な変位が可能なアクチュエータ、
- ③小型化が可能な上記2点を満たすアクチュエータの作製方法、であり、上記①、②および③を同時に満足し得るマイクロアクチュエータおよびその作製方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】すなわち、上記目的を達成すべくなされた本発明は、第1に、基板上に形成するマイクロアクチュエータの作製方法において、

- a) 基板上にメッキ用電極を設ける工程と、
- b) メッキ用電極を備えた基板上に感光性材料を設ける工程と、
- c) 該感光性材料を高エネルギー放射光により部分的に感光した後感光部と非感光部のエッチング速度差を用い所望部を現像除去する工程と、
- d) 該現像除去した部分に金属合金をメッキし充填する

工程と、

e) 該現像除去した部分以外の所望の一部をエッチング除去する工程と、

f) 該エッチング除去した部分に選択的に圧電材料を充填する工程、を用いることを特徴とするマイクロアクチュエータの作製方法である。

【0009】第2に、基板上に形成するマイクロアクチュエータの作製方法において、

a) 基板上にメッキ用電極を設ける工程と、

b) 基板上に犠牲層を設ける工程と、

c) メッキ用電極を備えた基板上に感光性材料を設ける工程と、

d) 該感光性材料を高エネルギー放射光により部分的に感光した後感光部と非感光部のエッチング速度差を用い所望部を現像除去する工程と、

e) 該現像除去した部分に金属合金をメッキし充填する工程と、

f) 該現像除去した部分以外の所望の一部をエッチング除去する工程と、

g) 該エッチング除去した部分に選択的に圧電材料を充填する工程と、

h) 該犠牲層を除去する工程

を用いることを特徴とするマイクロアクチュエータの作製方法であり、第3に、高エネルギー放射線として波長400nm以下の波長光を使用することを特徴とする上記1または2に記載のマイクロアクチュエータの作製方法であり、第4に、高エネルギー放射線としてX線を使用することを特徴とする上記3に記載のマイクロアクチュエータの作製方法であり、第5に、高エネルギー放射線としてシンクロトロン放射光を使用することを特徴とする上記3に記載のマイクロアクチュエータの作製方法であり、第6に、前記メッキし充填する工程の後に電気的絶縁体を形成する工程を付加したことを特徴とする上記1または2に記載のマイクロアクチュエータの作製方法であり、第7に、前記メッキし充填した部分が基板上に複数平行配置し、該メッキし充填した部分間に圧電材料を充填したことを特徴とする上記1または2に記載の作製方法により作成したマイクロアクチュエータであり、第8に、前記メッキし充填した部分の表面に電気的絶縁体を形成することを特徴とする上記7に記載のマイクロアクチュエータであり、第9に、前記圧電材料が圧電ポリマーからなることを特徴とする上記7に記載のマイクロアクチュエータであり、第10に、前記圧電ポリマーの材料がフッ化ビニリデンと三フッ化エチレンの重合体からなることを特徴とする上記9に記載のマイクロアクチュエータであり、第11に、前記圧電材料が圧電ポリマー以外のポリマーまたはゴムに強誘電体微粒子を分散したものからなることを特徴とする上記7に記載のマイクロアクチュエータである。

【0010】

【作用】上述の構成を有するマイクロアクチュエータの作製方法は、基板上にメッキにより形成した構造体中に圧電材料を充填することにより、圧電効果による駆動力を用いた3次元構造を有する小型のアクチュエータを作製することが可能であり、さらに上記アクチュエータを基板上に複数配置することにより駆動力の大きいマイクロアクチュエータを提供することが可能である。

#### 【0011】

【実施例】以下、本発明を図1～12の図示に基いて、本発明の例としてマイクロアクチュエータの基本的作製方法、バイモルフ型アクチュエータ、積層型アクチュエータ、本発明のマイクロアクチュエータをSTMに応用したSTMプローブおよびX-Yステージに応用した場合についてそれぞれの実施例に基いて説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

#### 【0012】実施例1

本発明のマイクロアクチュエータの作製方法を説明する工程を図1に示す。基板10上にメッキ用電極11を形成し、感光性材料12を形成する。基板としてはSi、GaAs等の半導体基板、アルミナ、石英等のセラミックス基板、ガラスなど様々な基板を用いることが可能である。メッキ用電極としては、真空抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、真空スパッタリング法等の真空薄膜形成方法、金属メッキ法等の導電体を薄膜で形成する方法であれば何れの方法を用いてもよい。感光性材料としては、半導体プロセス工程におけるフォトリソグラフィに用いるフォトレジストをスピニング、ディッピング、キャストイング等により塗布する、フォトレジストドライフィルムを張り合せる、電着塗装法によるフォトレジストを析出させる等の方法を用いて形成する。

【0013】図には示していないが、上述の何れかの方法を用いて形成した感光性材料にフォトリソグラフィによりフォトマスクを通して光を照射し感光性材料12の所望の部分を感光し、感光性材料の特性に応じて感光部または非感光部の何れかを現像除去し、パターン13、13'を形成する(図1(B))。この後、メッキ用電極上に電解析出によりパターン13、13'に金属を析出させ駆動電極14、14'を形成する(図1(C))。現像後に残った感光性材料を除去し、金属パターンである駆動電極14を有する基板を形成する(図1(D))。最後に金属パターン間の所望の充填部分15に圧電材料16を充填する(図1(E))。

【0014】図2は、上に説明した本発明の製法を用いて作製した圧電アクチュエータである。図に示したアクチュエータは駆動電極14、14'に電圧を印加することにより駆動電極14に対して圧電材料16が伸縮し図3に示す矢印方向に変位することとなる。従来のZnOを用いたピエゾバイモルフ(前記S. Akamine et al., による)は基板面に平行な方向への変位が構成的に小さく垂直な方向に最大変位を取るのに比較し、本発明のアク

チュエータは基板面に平行な方向に最大変位をとれる圧電アクチュエータとなる。

【0015】本発明の作製方法により作製する圧電アクチュエータの変位量は基板面に垂直な方向におけるアクチュエータの長手方向の長さ、すなわち感光性材料の厚み、充填する圧電材料と駆動電極の各々の弾性定数と基板に平行な方向の各々の厚み、および充填する圧電材料の圧電歪定数により決定される。

【0016】感光性材料の厚みはフォトリソグラフィにおける微細パターンの要求により異なる。最小線幅を数 $\mu\text{m}$ 程度とした場合、一例としてBruno Prazier et al., ("Design and fabrication of electroplated micromotor structures" Micromechanical Sensors, Actuator s and Systems ASME 1991.p135~146. (1991))に記載の感光性ポリイミドを用いることにより紫外光にて数十 $\mu\text{m}$ 程度の厚みの感光性材料からなる構造体を形成することが可能であり、また半導体用厚膜タイプのレジスト例えばHechst社製AZ4000シリーズを用いることによっても感光性材料の厚み数十 $\mu\text{m}$ に対して数 $\mu\text{m}$ の微細パターンを形成することが可能である。100 $\mu\text{m}$ 以上の感光性材料の厚みに微細パターンを形成する場合、図1に示す(A), (B), (C)の工程を繰り返し行うことによって達成可能となる。一度の露光現像によりアクチュエータの基板に垂直な方向における長手方向の長さを長くし高精度の微細パターンを形成するには、シンクロトン放射光を用いて感光性材料の厚みを100~1000 $\mu\text{m}$ とすることにより1 $\mu\text{m}$ 程度の微細パターンを形成することが可能となる。

【0017】充填する圧電材料としては、駆動電極の微細パターン内に充填することが可能な材料であれば良く、圧電性ポリマー、ポリマーやゴム等に圧電体微粒子を分散した複合系材料(北山, "圧電性高分子複合物の性質と応用", 昭和46年電気四学会連合大会, p476-479)、ゾルゲル法により塗布する圧電体等を用いることができる。圧電ポリマーでは圧電性を高めるために延伸操作を行うが、本発明のアクチュエータでは未延伸においても分極処理により強誘電的圧電性を示す材料が好ましく、フッ化ビニリデンと三フッ化エチレンの共重合体(P-(VDF-TrFE))等の強誘電的圧電性を示す材料が好ましい。

【0018】金属パターン間の所望の充填部分15への圧電材料を選択的に充填する方法を図4、図5に示す。第1の方法としては、充填部分に対応した注入口17を有するプレート18を電極上に配置し注入口を通じて圧電材料を充填する方法があげられる(図4)。

【0019】第2の方法としては、感光性材料を除去する際に、充填部のみ感光性材料の除去を阻止する阻止層19をあらかじめ充填部分となる感光性材料上に設けておくことにより行う方法があげられる。この方法では、図1と同様にメッキ用電極上に金属を析出させ、現像後

に残った感光性材料を除去することで図5(C)の構成を得る。次に非充填部分20に圧電材料が充填時に注入しないように充填阻止用材料21を埋め込む。さらに、阻止層19と充填部分15の感光性材料を除去し(図5(D))、圧電材料を塗布することにより充填部分への圧電材料の充填を行う(図5(E))。この後、充填阻止用材料を除去することにより圧電材料の選択的充填を行う(図5(F))。充填部分以外に塗布された圧電材料をブレード等を用いて機械的に除去することで充填部以外に付着した圧電材料を除去してもよい。阻止層としては、現像後に残った感光性材料を除去する工程で充填部分の感光性材料を除去しないよう阻止することが可能な材料であればよい。充填阻止用材料としては、充填阻止用材料を除去する際に駆動電極および充填した圧電材料が溶解されないものであれば金属、絶縁体、半導体、高分子材料等の何れの材料を用いてもよい。充填阻止用材料の埋め込み法としては、高分子材料を塗布、または金属を電解析出する等の方法により行うことができる。充填阻止用材料として電解析出による金属を用いる場合、阻止層としては電気的絶縁体であることが好ましい。図5の方法は、図4に示す方法と比べて、フォトリソグラフィを用いてパターン形成できるためにプレートの位置合わせの必要がなく、微細なパターンへの充填が可能となる。特に、圧電材料として(VDF-TrFE)、P(VDF-TrFE)等にチタン酸ジルコニウム酸鉛の強誘電体微粒子を分散した複合系材料を用いた場合は、有機溶媒への耐性強いことから、充填阻止材料として有機溶媒に可溶な高分子材料を用いることができる。

#### 【0020】実施例2

図1と同様の工程を用いて作製した本発明のバイモルフ型アクチュエータの概略図を図6に示す。図2のアクチュエータに比して変位量を大きく取ることが可能であり、図に示すように駆動電極を配置することでZ、X、Yの3次元方向に変位することができ、特に基板と略平行なX方向への変位量を大きくとることができる。

【0021】図6に示すバイモルフ型アクチュエータの作製工程を詳細に説明する。Hechst社製半導体用レジスト商品名AZ4620をディッピングにより、TiO<sub>2</sub>・3μmをメッキ用電極として形成してあるSi基板上に50μm塗布し、フォトリソグラフィにより露光、現像を施した。次に、現像したパターン部分にNiを電解析出し駆動電極を形成した。駆動電極のパターン幅は4μm、充填部分のパターン幅は6μmとした。レジスト塗布からNi電解析出の工程を駆動電極の基板からの高さが400μmになるまで繰り返し行った。この後、SiO<sub>2</sub>を1μm真空電子ビーム蒸着法により成膜し、フォトリソグラフィにより駆動電極部と充填部分上にSiO<sub>2</sub>からなる阻止層のパターンを形成した。次に、レジストをアセトンにより除去し、除去した部分にAuを電解析出した。駆動電極上には電気的絶縁体であるSi

O<sub>2</sub>膜がありAuの電解析出はない。SiO<sub>2</sub>阻止層をフッ酸水溶液にて除去し、さらに充填部分のレジストをアセトンにて除去した。次に、溶融法により強誘電体微粒子であるチタン酸ジルコニウム酸鉛(PZT)をPVDFに混合分散した懸濁物である混合系材料を上記基板に流し、ブレードにて充填部分以外の懸濁物を除去し、溶融法にて用いた溶媒を飛ばした。この後、Auをヨウ素およびヨウ化カリウムから成る水溶液にて溶解除去し、図6に示すバイモルフ型アクチュエータを作製した。このアクチュエータに直流高電圧を印加して分極処理をし圧電率を大きくした。このようにして作製したアクチュエータは200Vを印加することにより変位量をX方向に±0.12μm変位することが可能となった。

#### 【0022】実施例3

本発明のバイモルフ型アクチュエータの第2の例の概略図を図7に示す。図6のアクチュエータに比して基板に平行な方向にアクチュエータの長手方向を取る。これにより、感光性材料の厚みを厚くすることなく、基板に平行な変位を大きく取ることが可能となる。

【0023】図7に示すバイモルフ型アクチュエータの本発明の作製工程を図8を用いて説明する。図8の作製工程図では図7に示すA-A'の断面における作製工程を示したものである。基板30上に犠牲層40を形成し、続いてメッキ用電極31、31'、31''を形成パターンニングし、感光性材料32を塗布した(図8(A))。基板として熔融石英を、犠牲層としてスパッタリング法にて成膜したZnO膜を用い、所望部のみをフォトリソグラフィによりパターンニングし残した。ZnOのエッチング液として酢酸水溶液を用いた。電極および感光性材料は図6のアクチュエータの作製に用いたものと同様とした。レジスト厚みは、30μmとした。感光性材料32を露光、現像除去し、パターン33、33'、33''を形成した(図8(B))。次にメッキ用電極上に電解析出によりNiを析出させ駆動電極34、34'、34''を形成し(図8(C))、図6のアクチュエータの作製と同様の方法により圧電材料を充填し、圧電材料36、36'を充填した図8(D)の構成のものを作製した。最後に犠牲層40を酢酸水溶液にて除去し(図8(E))、分極処理し図7のバイモルフ型アクチュエータを得た。駆動電極のパターン幅は3μm、充填部分のパターン幅は5μm、アクチュエータの基板と平行の方向に犠牲層上の長手方向の長さは1mmとした。なお、圧電材料としては、P(VDF-TrFE)を用いた。このようにして作製したアクチュエータは100V印加することで変位量をX方向に±0.3μm変位することができた。犠牲層を用いることにより、基板に垂直な方向の感光性材料の厚みを厚くすることなく、X方向の変位を大きく取ることが可能となった。また、感光性材料の厚みを比較的薄くすることが可能であることにより、微細なパターン形成を行うことが可能となった。

【0024】以上、紫外光を用いたアクチュエータの作製方法およびそれを用いたアクチュエータを説明したが露光光源としてシンクロトロン放射光を用いることにより、さらに駆動電極のパターン幅を微細化することが可能となることは言うまでもない。駆動電極および充填部分のパターン幅を微細化することにより、低電圧による本発明のアクチュエータの駆動が可能となる。

#### 【0025】実施例4

本発明の他のアクチュエータとして、積層型アクチュエータの斜視図を図9に示す。これは、図7のバイモルフ型アクチュエータを作製したと同様に犠牲層を用いて作製する。図には示していないが駆動電極はひとつ置きにメッキ用電極にて電気的に接続されている。本発明のアクチュエータでは圧電歪定数としてd33を利用することにより、駆動電極のパターン幅、感光性材料の厚み等のフォトリソグラフィの微細化に関する要求は比較的緩やかである。駆動電極のパターン幅を5μm、充填部分のパターン幅を10μm、充填部分の数を100とした。充填する圧電材料として、P(VDF)にP(ZT)の強誘電体微粒子を分散したものをを用いた。この時、170V印加することにより±0.5μm変位することができた。

#### 【0026】実施例5

図10はSTMへ応用したSTMプローブの説明図である。図7のバイモルフ型カンチレバーの自由端にトンネル電流発生用のプローブ電極50を取りつけることによりSTMプローブとして用いることが可能である。従来技術に述べたS. Akamine 等によるZnOを用いたバイモルフ型アクチュエータが基板面に垂直方向に最大変位をとる構成に対して、本発明のSTMプローブでは、最大変位を取る駆動方向として基板面に平行な方向となる。これにより、測定試料の測定面を走査しつつSTMによる観察が可能となる。また、このSTMプローブを複数基板上に配置することにより、試料上の複数箇所を同時に観察することも可能になる。

#### 【0027】実施例6

図11は更に他の応用例を示す上面図であり、X-Yステージに応用した場合の概略図である。図12は図11のB-B'の断面図である。図9に示した積層型アクチュエータ100を複数取りつけることによりステージ203を、ひんじ202を介して、基板に対して平行な次元面に変位することが可能である。ひんじ202およびステージ203は積層型アクチュエータを作製する際の駆動用電極の一部として犠牲層上に形成することにより作製する。図中101、201は、それぞれ積層型アクチュエータの電極およびひんじ端部の基板と接する部分に当たる。従来のX-Yステージはステージ部とアクチュエータ部分はそれぞれ独立して作製した後に、組み立てて、接続することにより作製したが、本発明のX-Yステージはフォトリソグラフィにより一括して作製でき、またセルフアライメントであり作製時の組み立て誤

差がない。さらに接続部がない為に機械的がたや接着材料を用いた場合の接続部での変位量の吸収がないX-Yステージとなっている。

#### 【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のアクチュエータおよびその作製方法により、圧電効果を利用し、基板面に平行な方向への変位を大きくとることが可能になる。また、フォトリソグラフィにより一括してパターン形成を行うことにより機械的ながたや組み立て誤差のないアクチュエータを提供することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のマイクロアクチュエータの作製工程図。

【図2】本発明のアクチュエータを説明する斜視図。

【図3】本発明のアクチュエータの変位動作を説明する断面図。

【図4】本発明の第1の圧電材料の選択充填方法を説明する断面図。

【図5】本発明の第2の圧電材料の選択充填方法を説明する作製工程図。

【図6】本発明の第1のバイモルフ型アクチュエータを説明する斜視図。

【図7】本発明の第2のバイモルフ型アクチュエータを説明する斜視図。

【図8】本発明の第2のバイモルフ型アクチュエータの作製工程図。

【図9】本発明の積層型アクチュエータを説明する斜視図。

【図10】本発明の応用例であるSTMプローブを説明する斜視図。

【図11】本発明の応用例であるX-Yステージを説明する上面図。

【図12】本発明の応用例であるX-Yステージを説明する断面図。

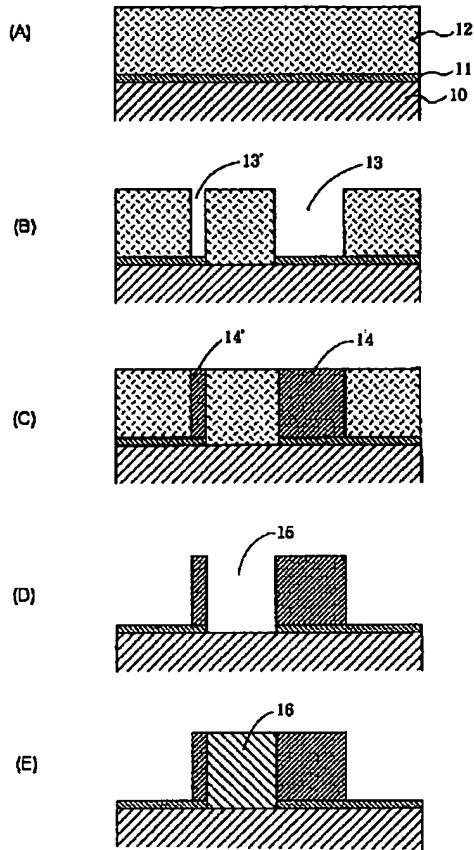
#### 【符号の説明】

10, 30 基板  
11, 31, 31', 31" メッキ用電極  
12, 32 感光性材料  
13, 13', 33, 33', 33" パターン  
14, 14', 34, 34', 34" 駆動電極  
15 充填部分  
16, 36, 36' 圧電材料  
17 注入口  
18 プレート  
19 阻止層  
20 非充填部分  
21 充填阻止用材料  
40 犠牲層  
50 プローブ電極  
100 積層型アクチュエータ

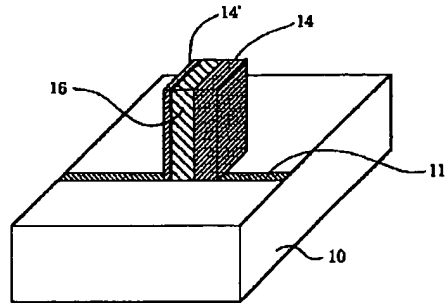
11  
 101 ひんじの基板との接続部  
 201 アクチュエータの基板との接続部

12  
 202 ひんじ  
 203 ステージ

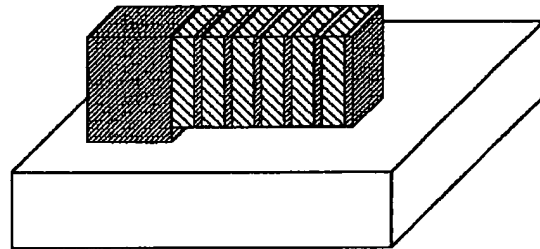
【図1】



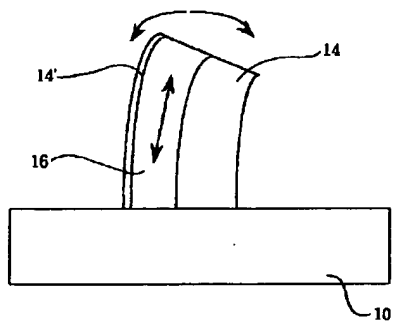
【図2】



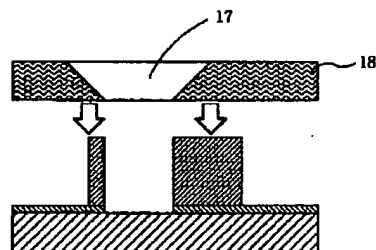
【図9】



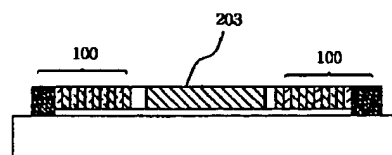
【図3】



【図4】

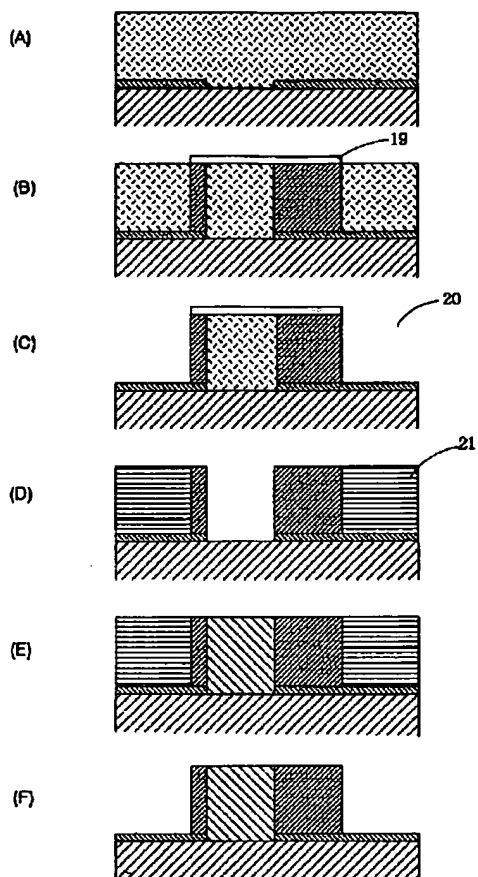


【図12】

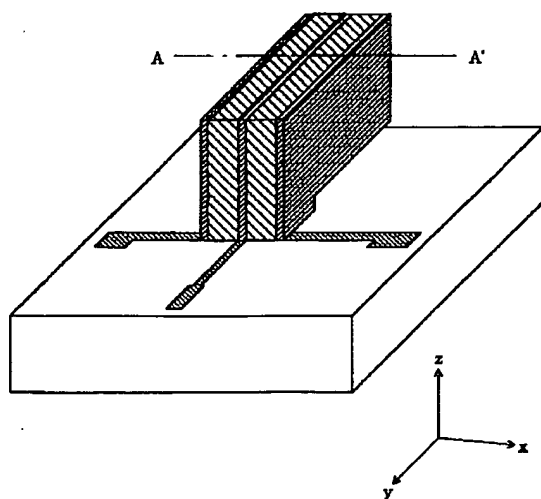




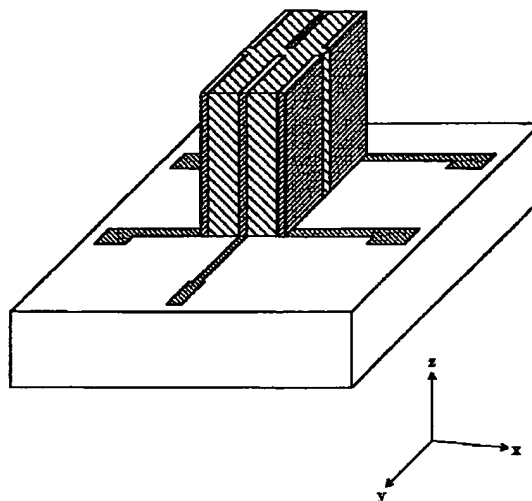
【図5】



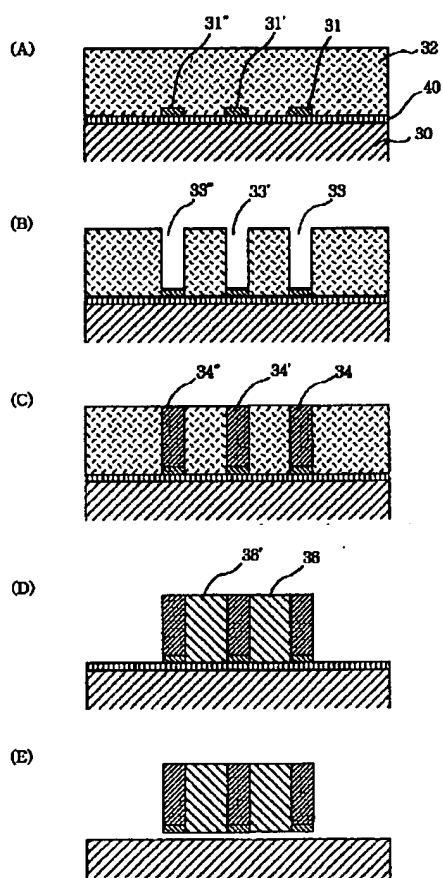
【図7】



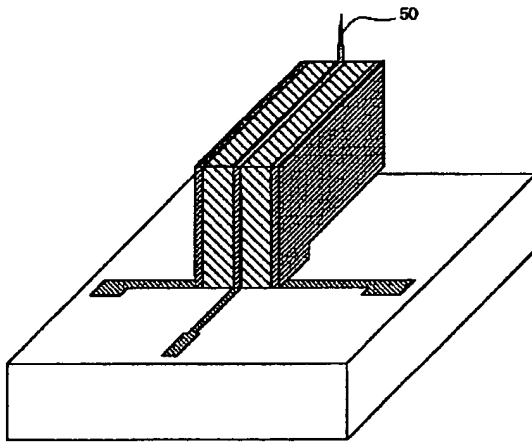
【図6】



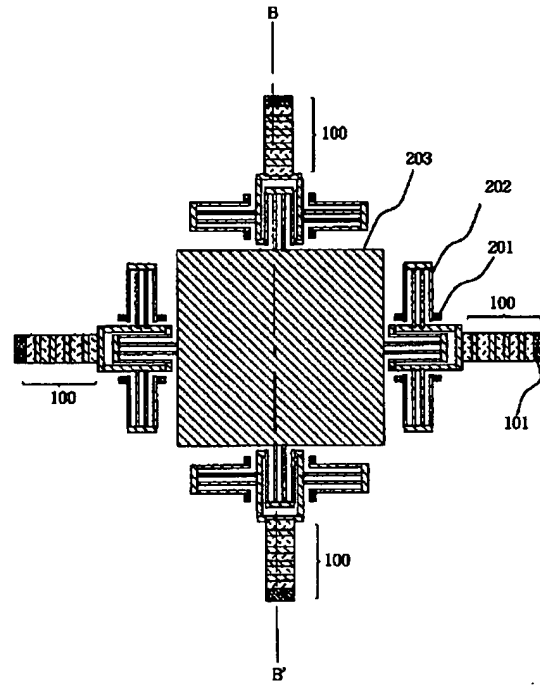
【図8】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 高木 博嗣  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内